

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.



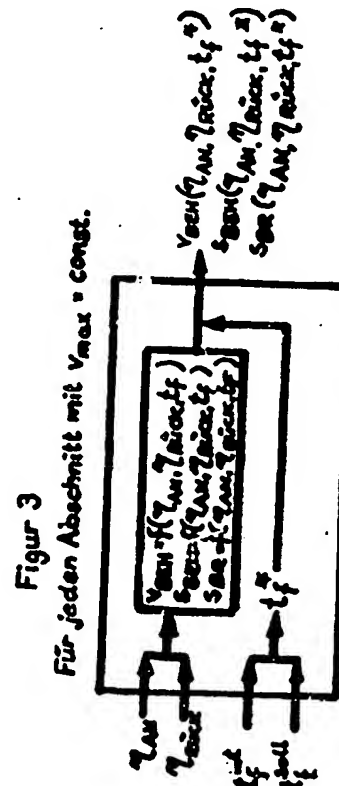
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP B 60 L / 310 760 B	(22)	18.12.87	(44)	05.04.89
(71)	Zentrales Forschungsinstitut des Verkehrswesens, Zentrum für Prozeßautomatisierung, Markgrafendamm 24, Berlin, 1017, DD				
(72)	Gohlisch, Gunnar, Dipl.-Math.; König, Frank, Dipl.-Ing., DD				
(54)	Verfahren zur energieoptimalen Steuerung von spurgebundenen elektrisch angetriebenen Fahrzeugen mit Nutzbremse				

(55) Elektrischer Antrieb, spurgebundenen Fahrzeug, Nutzbremse, Fahrzeit, energieoptimale Steuerung, Antriebswirkungsgrad, Rückspeisungswirkungsgrad, Planhalt, Bewegungsphasen, Beharrungsgeschwindigkeit, Beharrungslänge, Bremseneinsatzpunkt

(57) Für spurgebundene, elektrisch angetriebene Fahrzeuge mit Nutzbremse ist eine maximale Einsparung an Elektroenergie durch Ermittlung einer energieoptimalen Steuerung zu vorgegebener Fahrzeit zwischen zwei Planhalten zu erzielen. Die energieoptimale Steuerung wird eindeutig beschrieben durch die zeitliche Abfolge der Bewegungsphasen Anfahrt mit maximaler Zugkraft, Beharrungsfahrt, Auslauf, Bremsen mit maximal zulässiger Bremskraft und die Angabe der vom Wirkungsgrad der Antriebsphase und vom Wirkungsgrad der Energierückspeisung abhängigen Größen Beharrungsgeschwindigkeit, Beharrungslänge und Bremseneinsatzpunkt. Das erfindungsgemäße Verfahren realisiert eine Senkung des Gesamtverbrauchs an Elektroenergie für die Zugfahrt. Fig. 3



Patentansprüche:

Verfahren zur energieoptimalen Steuerung von spurgebundenen, elektrisch angetriebenen Fahrzeugen mit Nutzbremse, dadurch gekennzeichnet, daß nacheinander die Bewegungsphasen Anfahr mit maximaler Zugkraft, Beharrungsfahrt mit $v = \text{const.}$, Auslauf und Bremsen mit maximal zulässiger Bremskraft ausgeführt werden und die eine derartige Fahrweise eindeutig festlegenden Größen Beharrungsgeschwindigkeit (V_{BEH}), Länge der Beharrungsfahrt (S_{BEH}) und Bremseneinsatzpunkt (S_{BR}) in Abhängigkeit von der Fahrzeit, dem Wirkungsgrad des Antriebs und dem Wirkungsgrad der Rückspeisung bestimmt werden und als Steuerbefehle, die zu energieoptimaler Fahrweise führen, einer Steuereinrichtung zur Weiterverarbeitung übermittelt werden.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Unterstützung einer energiesparenden Fahrweise bei der Elektrotraktion mit elektrischen Triebfahrzeugen, bei denen die Nutzbremse angewendet wird.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Bekanntlich (DD B 60 L 15/20, WP-Nr. 129761) wurden die beim Nahverkehr für eine energiesparende Fahrweise erforderlichen Umschaltungen bei großen Fahrzeitzreserven von Beschleunigungen im Auslauf geschwindigkeitsabhängig, bei kleinen Fahrzeitzreserven von Beharrungsfahrt in Auslauf wegababhängig sowie der jeweils zugehörige Bremseneinsatzpunkt unter der Voraussetzung der Fahrplaneinhaltung wegababhängig vorausberechnet und vorprogrammiert, so daß bei Einhaltung der Schaltvorschrift nicht vermeidbare, jedoch hinreichend kleine Abweichungen des Fahrverlaufes ausgeglichen werden. Diese Umschaltungen sind vor bzw. zum Zeitpunkt des Fahrbeginns von der Steuereinrichtung bereitzustellen, wobei bei vorgegebenen konstanten Aufenthaltszeiten je Bahnhof eine ortsabhängige (zeitfeste Programmauswahl) und bei variablen Aufenthaltszeiten eine zeit- und ortsabhängige Programmauswahl (zeitvariable Programmauswahl) zu realisieren ist. Die Reihenfolge der Schalthandlungen ist von den im Nahverkehr bekannten energiesparenden Fahrweisen abhängig, so daß die vier Steuerregime

- Anfahr
- ggf. Beharrungsfahrt entlang der Höchstgeschwindigkeit
- Auslauf
- Bremsen

notwendigerweise nacheinander abzuablen sind.

Über eine Logikschaltung erfolgt die Unterscheidung zwischen geschwindigkeits- oder wegababhängiger Umschaltung in das Fahrregime Auslauf. Die entweder über den Zwischenspeicher oder direkt durch die Speicheranordnung bereitgestellte Information (in Form einer Vorgabe der Beharrungsgeschwindigkeit V_{BEH} bzw. des Beharrungsweges S_{BEH} und des Bremseneinsatzpunktes S_{BR}) über das aktuell zu realisierende Fahrregime kann sowohl über eine digitale Anzeigeeinrichtung an den Triebfahrzeugführer ausgegeben und dieser realisiert die eigentliche Zugfahrt, als auch unmittelbar an eine selbsttätige Steuereinrichtung übertragen werden, so daß dieser mit Hilfe der Anzeige im wesentlichen nur eine Kontrollfunktion ausübt. Der Nachteil des beschriebenen Verfahrens besteht darin, daß die veränderten energetischen Bedingungen bei Anwendung der Nutzbremse (Möglichkeit der Rückspeisung elektrischer Energie an das Netz während des Bremsvorganges) nicht berücksichtigt werden und dieses Verfahren somit nicht in der Lage ist, für elektrische Triebfahrzeuge mit Nutzbremse eine energieoptimale Fahrweise zu bestimmen.

An anderer Stelle (DE B60 L 7/12, Nr. 34 28 118 A1) wird eine Nutzbremse für einen Gleichstrom-Fahrmotor schaltungstechnisch beschrieben, bei der der Anker, eine Drossel, ein Netz-Thyristorsteller und eine Parallelschaltung aus einem Kondensator und einem lösbaren Thyristorsteller in Serie an das Netz anschaltbar sind. Im oberen Drehzahlbereich, in dem die erzeugte Motorspannung größer oder gleich der Netzspannung ist, werden der Ankerstrom-Thyristorsteller und der Netz-Thyristorsteller wechselseitig gegenseitig geöffnet und geschlossen. Dabei kann die gesamte kinetische Energie des Fahrzeuges weitgehend verlustfrei an das Netz zurückgespeist werden.

Der Nachteil besteht darin, daß auf die Möglichkeit einer weiteren Einsparung von elektrischer Energie mittels Anwendung einer energiesparenden Fahrweise nicht eingegangen wird. Weiterhin liefert die Anwendung der Optimierungstheorie auf die Betriebsabläufe von modernen Schnellbahnen (nach K. H. Kraft und E. Schnieder: „Optimale Trajektorien im spurgebundenen Schnellverkehr“, Regelungstechnik 1981, H. 4, S. 11–119) optimale Trajektorien für planmäßigen und gestörten Betrieb. Für zeitoptimale und energieoptimale Fahrweisen werden mit Hilfe des Maximumprinzips und unter Beachtung beschränkter Steuer- und Zustandsgrößen die zugehörigen Algorithmen entwickelt. Aus der Berücksichtigung verschiedener Bremsysteme geht hervor, welche Energieeinsparnis unter welchen Bedingungen durch eine ideale Nutzbremse erreicht wird. Für nichtplanmäßige Betriebsfälle mit veränderlichen Zielkoordinaten liefert die Optimierungstheorie nach Euler-Lagrange günstige Fahrverläufe, die sich durch ein adaptives Regelsystem verwirklichen lassen.

Der Nachteil dieses Verfahrens besteht in einer unzulässigen Idealisierung von fahrzeugtechnischen Parametern, in deren Ergebnis Fahrweisen (Trajektorien) ermittelt werden, die sich in der Praxis als nicht energieoptimal erweisen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, bei vorgegebener Fahrzeit zwischen zwei Planhalten eine energioptimale Fahrweise zu ermitteln und damit eine Einsparung an elektrischer Energie zu ermöglichen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

- Die Ursache eines höheren Energieverbrauchs bei bisher bekannten technischen Lösungen besteht in der unberechtigten Idealisierung des Fahrzeugsystems, in dem sowohl der Energieverbrauch in der Antriebsphase als auch die Rückspelsung während der Bremsphase in der Zeiteinheit als nur von der Kraft und der Geschwindigkeit abhängig angesehen werden:

$$E = \int_0^T F(t) V(t) dt$$

Das zu lösende Problem besteht darin, unter Berücksichtigung der Wirkungsgradverhältnisse während des Antriebs und bei der Rückspelsung eine Steuerung zu realisieren, die zur Einsparung von Elektroenergie führt. Erfindungsgemäß wird bei Beachten der Abhängigkeit des Gesamtenergieverbrauchs vom Antriebswirkungsgrad η_{AN} und des Rückspelsungswirkungsgrades $\eta_{RÜCK}$ in der Form

$$E = \frac{1}{2} \int_0^T \left(\left(\frac{1}{\eta_{AN}} - \eta_{RÜCK} \right) F(t) + \left(\frac{1}{\eta_{AN}} + \eta_{RÜCK} \right) F(t) \right) V(t) dt$$

ein energioptimales Fahrregime in der zeitlichen Abfolge der Bewegungsphasen

- Anfahrt mit maximaler Zugkraft
- Beharrungsfahrt mit $V = \text{const.}$
- Auslauf

→ Bremsen mit maximal zulässiger Bremskraft

mit von η_{AN} und $\eta_{RÜCK}$ abhängigen Umschaltprodukten zwischen den Phasen für eine Fahrt zwischen zwei Planhalten ermittelt. Die Umschaltunkte sind gemäß den technischen Zustandsgroßen des Prozesses der Zugfahrt durch Weg und Geschwindigkeit charakterisiert und neben den Wirkungsgradverhältnissen von der vorgegebenen Fahrzeit zwischen den Planhalten funktional abhängig. Sie werden durch Darstellung des Zugmodells unter Berücksichtigung fahrdynamischer Gesetzmäßigkeiten für jeden Abschnitt mit konstanter zulässiger Höchstgeschwindigkeit ermittelt und sind als Sollwerte für eine energioptimale Zugsteuerung zu verwenden. Die Steuerung des Fahrzeugs erfolgt durch Impulse, die auf der Basis des Vergleichs dieser Sollwerte mit den aktuellen Istzuständen entstehen.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll nachstehend an einem Beispiel näher erläutert werden. Die zugehörige Zeichnung zeigt in

Fig. 1: Weg-Geschwindigkeits-Diagramm von Zugfahrten mit unterschiedlichen Auslauflängen

Fig. 2: Länge des Auslaufweges als Funktion des Produktes von Antriebs- und Rückspelsungswirkungsgrad

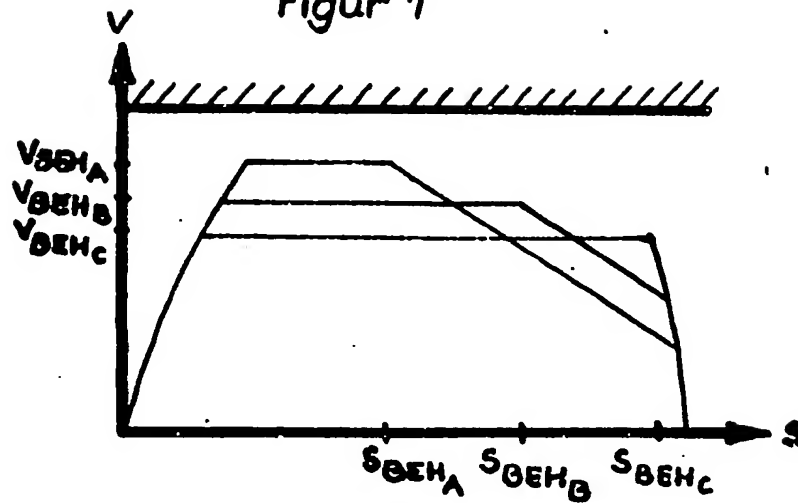
Fig. 3: Blockschaltbild des Verfahrens der energioptimalen Steuerung von Fahrzeugen mit Nutzbremse

Eine Fahrweise, die zeitlich aufeinanderfolgend die Bewegungsphasen

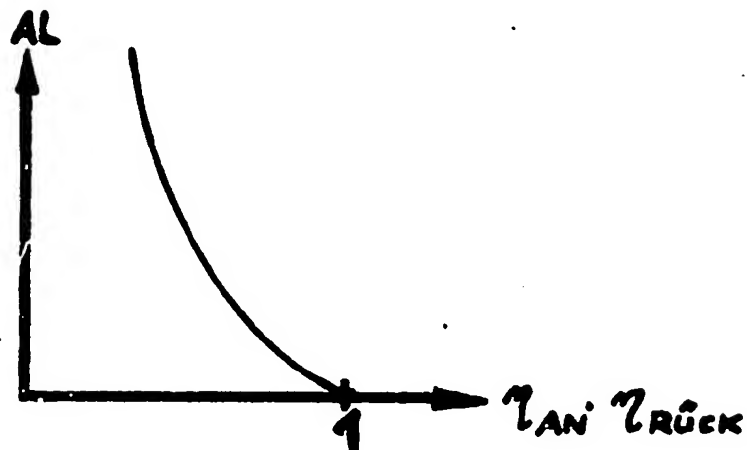
- Anfahrt
- Beharrungsfahrt
- Auslauf
- Bremsen

realisiert, ist bei vorgegebener Fahrzeit eindeutig durch die Größtangeschwindigkeit der Beharrungsfahrt V_{BEH} , Wegpunkt S_{BEH} des Übergangs von der Phase Beharrung zur Phase Auslauf (Beharrungslänge) und Bremseneinsatzpunkt S_{BR} bestimmt. Figur 1 zeigt das Weg-Geschwindigkeits-Diagramm derartiger Fahrten. Die Trajektorien A, B und C führen alle auf die gleiche, durch den Fahrplan vorgegebene Fahrzeit, sind darüber hinaus aber durch unterschiedliche Beharrungsgeschwindigkeiten V_{BEH} , Länge der Beharrungsfahrt S_{BEH} und daraus resultierend unterschiedliche Auslauflängen AL und Bremseneinsatzpunkte S_{BR} gekennzeichnet. Den Zusammenhang zwischen Auslauflänge AL bei energioptimaler Fahrt und dem Produkt aus Antriebswirkungsgrad und Rückspelsungswirkungsgrad $\eta_{AN} \cdot \eta_{RÜCK}$ zeigt Figur 2. Das der Erfindung zugrundeliegende Verfahren gestattet die Bestimmung der funktionalen Beziehungen $V_{BEH}(t, \eta_{AN}, \eta_{RÜCK})$, $S_{BEH}(t, \eta_{AN}, \eta_{RÜCK})$ und $S_{BR}(t, \eta_{AN}, \eta_{RÜCK})$ und somit die Festlegung der optimalen Auslauflänge AL für jeden Abschnitt mit konstanter zulässiger Höchstgeschwindigkeit V_{max} . Die zu berücksichtigende Fahrzeit t^* wird nach bekannten Verfahren zur Ermittlung energioptimaler Teilfahrzeiten bei Vorliegen mehrerer, verschiedener Höchstgeschwindigkeitsbegrenzungen bzw. zur Modifikation von Fahrzeiten zwecks Heranführen eines Zuges an die vorgegebene Fahrplanlage festgelegt. Auf dieser Grundlage werden abschnittsweise die optimale Beharrungsgeschwindigkeit V_{BEH} , die optimale Beharrungslänge S_{BEH} und der Bremseneinsatzpunkt S_{BR} bestimmt und stehen gemäß Figur 3 als Steuerbefehle zur Verfügung, die entweder durch eine automatische Zugsteuerung verarbeitet werden oder durch den Triebfahrzeugführer ausgeführt werden. Die realisierte Steuerung führt zu energioptimaler Fahrweise und einer damit verbundenen Senkung des Bedarfs an elektrischer Energie für die Zugfahrt.

Figur 1

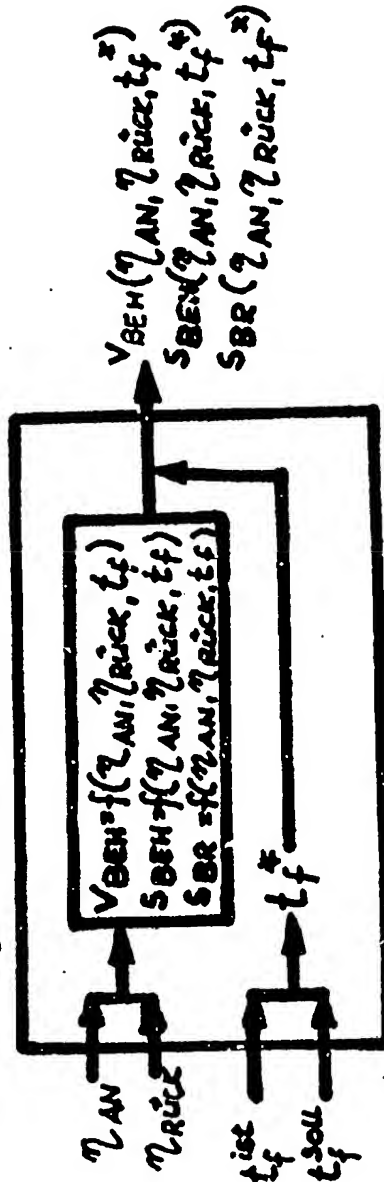


Figur 2



Figur 3

Für jeden Abschnitt mit $v_{max} = const.$



$V_{BEH}(\eta_{AN}, \eta_{RÜCK}, t_f^x)$
 $S_{BEH}(\eta_{AN}, \eta_{RÜCK}, t_f^x)$
 $S_{BR}(\eta_{AN}, \eta_{RÜCK}, t_f^x)$

η_{AN}
 $\eta_{RÜCK}$
 t_f^{ist}
 t_f^{soll}



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 236 705 A1

4(51) B 60 L 15/20

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP B 60 L / 275 801 1	(22)	30.04.85	(44)	18.06.86
(71)	Zentrales Forschungsinstitut des Verkehrswesens, Zentrum für Prozeßautomatisierung, 1017 Berlin, Markgrafendamm 24, DD				
(72)	König, Frank, Dipl.-Ing.; Schwarzig, Andreas, Dipl.-Ing.; Stawitzki, Michael, Dipl.-Ing., DD				
(54)	Verfahren zur energiesparenden Steuerung von Triebfahrzeugen				

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Realisierung einer energiesparenden Zugsteuerung im Stadt-, Vorort- und Personenzugverkehr. Die Grundsätze des Verfahrens erstrecken sich in ihrer Gültigkeit sowohl auf die Diesel- als auch auf die E-Traktion. Ziel des Verfahrens ist dabei eine Herabsetzung des Verbrauches an Traktionsenergie. Diese Zielstellung wird gelöst, indem die für ein energiesparendes Fahrregime mit den Bewegungsphasen Anfahrt, gegebenenfalls Beharrungsfahrt entlang der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, Auslauf und Bremsen notwendigen Abschalthandlungen geschwindigkeitsabhängig (V_{ab}) oder wegabhängig (S_{ab}) unter Berücksichtigung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und der durch den Fahrplan festgelegten Fahrzeit vorgegeben werden. Dabei erfolgt eine Gliederung der Zugfahrt zwischen zwei Halten in Teilabschnitte, die jeweils mit einer Fahrzeit, abhängig von der Dauer und Gestaltung der Antriebsphase zu durchfahren sind, die einen minimalen Energieverbrauch gewährleistet. An den Grenzpunkten zwischen zwei Teilabschnitten wird mit Hilfe eines Mikrorechners ein Vergleich zwischen Ist- und verfahrensmäßig vorgegebenen Sollzustand durchgeführt, was eine Korrektur des vorgesehenen Fahrregimes ermöglicht.

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur energiesparenden Steuerung von Triebfahrzeugen mit einem Fahrregime bestehend aus den Bewegungsphasen Anfahrt, gegebenenfalls Beharrungsfahrt, Auslauf und Bremsen; dessen Prozeßverlauf durch die physikalischen Zustandsgrößen Weg, Geschwindigkeit und Zeit charakterisiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschalthandlungen für die Abschaltgeschwindigkeit (V_{ab}), den Abschaltweg (S_{ab}) und den Bremsenansatzpunkt (S_{br}) in dem befahrenen Streckenabschnitt jeweils in Abhängigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in demselben und in Abhängigkeit von den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten in dem nachfolgenden Teilabschnitt oder den nachfolgenden Teilabschnitten und in Abhängigkeit vom Fahrplan vorgenommen werden und in bekannter Weise mittels Mikrorechner ein Vergleich zwischen Soll- und Istzustand vorgenommen wird sowie die sich ergebenden Impulse zur Steuerung genutzt werden.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Das Verfahren zur energiesparenden Steuerung von Triebfahrzeugen wird im Stadt-, Vorort- und Personenzugdienst angewandt. Die Verfahrensgrundsätze sind dabei sowohl für Diesel- als auch für E-Traktion gültig.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekanntlich (DD B 60 L 15/20, WP-Nr. 129761) wurden die beim Nahverkehr für eine energiesparende Fahrweise erforderlichen Umschaltungen bei großen Fahrzeitreserven von Beschleunigen in Auslauf geschwindigkeitsabhängig, bei kleinen Fahrzeitreserven von Beharrungsfahrt in Auslauf wegabhängig sowie der jeweils zugehörige Bremsenansatzpunkt unter der Voraussetzung der Fahrplaneinhaltung wegabhängig vorausberechnet und vorprogrammiert, so daß bei Einhaltung der Schaltvorschrift nicht vermeidbare, jedoch hinreichend kleine Abweichungen des Fahrverlaufes ausgeglichen werden. Diese Umschaltungen sind vor bzw. zum Zeitpunkt des Fahrbeginns von der Steuereinrichtung bereitzustellen, wobei bei vorgegebenen konstanten Aufenthaltszeiten je Bahnhof eine ortsabhängige (zeitfeste Programmauswahl) und bei variablen Aufenthaltszeiten eine Zeit- und ortsabhängige Programmauswahl (zeitvariable Programmauswahl) zu realisieren ist. Die Reihenfolge der Schalthandlungen ist von den im Nahverkehr bekannten energiesparenden Fahrweisen abhängig, so daß die vier Steuerregime

- Anfahrt
- gegebenenfalls Beharrungsfahrt entlang der Höchstgeschwindigkeit
- Auslauf
- Bremsen

notwendigerweise nacheinander abzuarbeiten sind.

Während im Falle einer zeitfesten Fahrprogrammauswahl die Nummer bzw. Adresse einer Strecke (Fahrabschnitt zwischen zwei Bahnhöfen) der Adresse eines Speicherplatzes mit vorgegebener Bitzahl entspricht, besteht bei einer zeitabhängigen Fahrprogrammauswahl ein direkter Zusammenhang zwischen der aktuellen diskreten Prozeßdauer und einer Speicherplatzadresse, auf der sich das aktuelle Fahrregime abgespeichert befindet.

Die jeweilige Speicherplatzadresse für das aktuelle Fahrregime wird durch Aufsummieren der zurückgelegten Streckenabschnitte bzw. von diskreten, die Prozeßdauer charakterisierenden Zeitintervallen ermittelt. Die Speicheranordnung stellt dabei eine Kombination mehrerer Speicherschaltkreise dar, die adreseitig parallel geschaltet werden. Damit wird es möglich, bei relativ geringem Steuer- bzw. Logikaufwand die für die digitale Darstellung der Abschaltgeschwindigkeit V_{ab} , des Abschaltweges S_{ab} und des Bremsenansatzpunktes S_{br} benötigte Informationslänge zu erreichen. Durch die fortlaufende Prozeßdauer wird bei einer zeitabhängigen Fahrprogrammauswahl jedem Zeitintervall über einen Adresszähler und der Speicheranordnung ein Fahrregime bereitgestellt, wobei einmal pro Streckenabschnitt bei Überschreiten einer maximalen Startzeit bzw. einer maximalen Anzahl von Zeitintervallen ein Informationsbit durch die Speicheranordnung ausgegeben wird, so daß durch Aufsummieren dieser ausgegebenen Zeitinformationen gleichzeitig eine eindeutige Zuordnung zwischen der fortlaufenden Prozeßzeit und dem nur für einen Fahrabschnitt gültigen Fahrregime erfolgt.

Das jeweils aktuelle Fahrregime wird mit Hilfe einer Starttaste in einen Zwischenspeicher übernommen und für die weitere Verarbeitung bereitgestellt.

Nicht benötigte Fahrregime werden somit ausgeblendet.

Über eine Logikschaltung erfolgt die Unterscheidung zwischen geschwindigkeits- oder wegabhängiger Umschaltung in das Fahrregime Auslauf. Die entweder über den Zwischenspeicher oder direkt durch die Speicheranordnung bereitgestellte Information über das aktuell zu realisierende Fahrregime kann sowohl über eine digitale Anzeigevorrichtung an den Triebfahrzeugführer ausgegeben und dieser realisiert die eigentliche Zugfahrt als auch unmittelbar an eine selbsttätige Steuereinrichtung übergeben, so daß der Triebfahrzeugführer mit Hilfe der Anzeige im wesentlichen nur eine Kontrollfunktion ausübt. Die einzelnen Umschaltunkte der Fahrregime für die verschiedenen Strecken- und Fahrzeitdiskretisierungen werden durch Simulation auf einer EDVA vorherbestimmt und in die Speicheranordnung übertragen.

Das beschriebene Verfahren hat den Nachteil, bei Vorhandensein von Langsamfahrstellen (d. h. unterschiedliche zulässige Höchstgeschwindigkeiten auf einem Streckenabschnitt zwischen zwei Bahnhöfen) unter Berücksichtigung der genannten Verfahrensschritte keine Einsparung an Traktionsenergie gegenüber der konventionellen Fahrweise zu ermöglichen. Damit würde im genannten Fall das dargestellte Verfahren in Frage gestellt sein.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist eine weitere Herabsetzung des Verbrauches an Traktionsenergie.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Als Ursache des oben angeführten Nachteils wird angesehen, daß bei vorhandenen Langsamfahrstellen die Zugfahrt zwischen zwei Halten nicht in Teilabschnitte gegliedert ist.

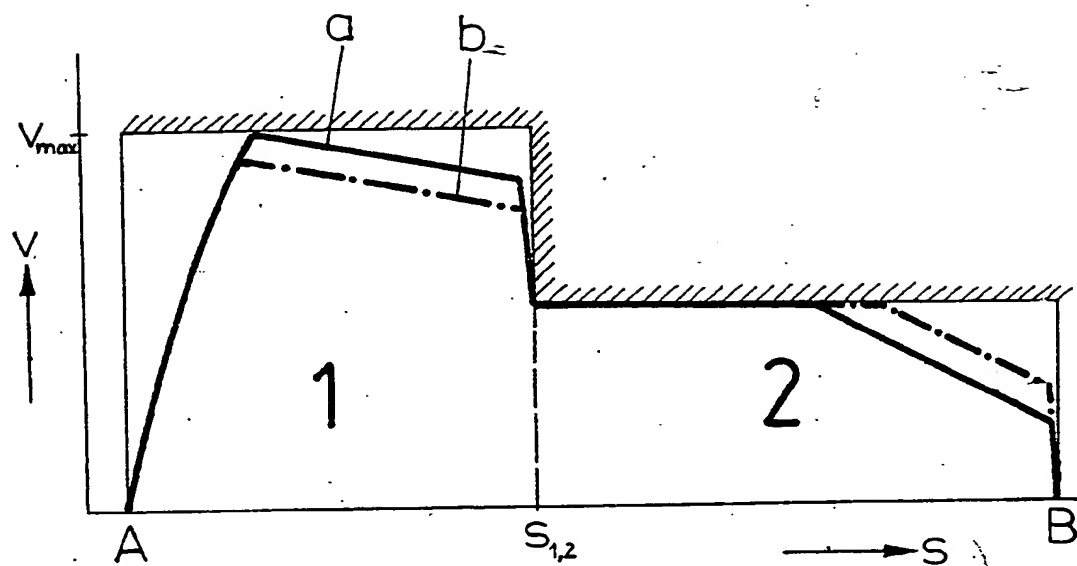
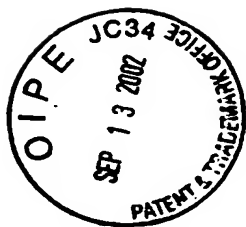
Die technische Aufgabe besteht darin, die Parameter des Bewegungsablaufes und der physikalischen Zustandsgrößen der Teilabschnitte innerhalb eines Verfahrens zum Zwecke eines geringen Energieverbrauches in Beziehung zueinander zu setzen.

Erfindungsgemäß werden bei einem Fahrregime, bestehend aus den Bewegungsphasen Anfahrt, gegebenenfalls Beharrungsfahrt, Auslauf und Bremsen, dessen Prozeßverlauf durch die physikalischen Zustandsgrößen Weg, Geschwindigkeit und Zeit charakterisiert wird, die Abschalthandlungen für die Abschaltgeschwindigkeit (V_{ab}) bzw. den Abschaltweg (S_{ab}) sowie den Bremseneinschaltpunkt (S_{br}) in dem befahrenen Teilabschnitt jeweils in Abhängigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in demselben und in Abhängigkeit von den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten in dem nachfolgenden Teilabschnitt oder in den nachfolgenden Teilabschnitten und in Abhängigkeit vom Fahrplan vorgenommen. Es erfolgt in bekannter Weise mittels Mikrorechner ein Vergleich zwischen Soll- und Istzustand und eine Nutzung der sich ergebenden Impulse zur Steuerung der Zugbewegung. Ein Teilabschnitt ist definiert als ein Abschnitt innerhalb einer Zugfahrt zwischen zwei Halten, der mit einer Anfahrt oder mit einer Beharrungsfahrt bedingt durch das Vorhandensein einer Geschwindigkeitsbeschränkung beginnt und mit einer Bremsung bis auf eine Geschwindigkeit entsprechend der vorliegenden Beschränkung oder bis zum Stillstand endet.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden. Figur 1 zeigt den Ablauf einer Zugfahrt mit den Teilabschnitten 1 und 2 von Bahnhof A nach Bahnhof B, wobei die Geschwindigkeit V als Funktion der zurückgelegten Wegstrecke S dargestellt wird. V_{max} stellt die zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit dar, die für den ersten Teilabschnitt gilt, wogegen für den Teilabschnitt 2 eine Geschwindigkeitsbeschränkung mit V_{max} für das dargestellte Beispiel willkürlich angenommen wurde. Entsprechend der vorliegenden Geschwindigkeitsbeschränkung und der durch den Fahrplan vorgegebenen Fahrzeit ergibt sich ein bestimmter Ablauf der Bewegungsphasen Anfahrt, gegebenenfalls Beharrungsfahrt entlang der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, Auslauf und Bremsen.

Die zwei dargestellten Fahrregime a und b sind gekennzeichnet durch unterschiedliche Fahrzeiten für die einzelnen Teilabschnitte, ermöglichen jedoch die Realisierung der Zugfahrt von Bahnhof A nach Bahnhof B mit der gleichen Gesamtfahrzeit. Das der Erfindung zu Grunde liegende Verfahren gestattet den Ablauf der Zugfahrt in der Weise zu gestalten, daß die Teilabschnitte 1 und 2 in Teilfahrzeiten, die sich in funktioneller Abhängigkeit von der Dauer und der Gestaltung der Antriebsphase befinden unter Berücksichtigung eines minimalen Verbrauches an Traktionsenergie bezogen auf die Strecke von A nach B durchfahren werden. Am Grenzpunkt zwischen Teilabschnitt 1 und Teilabschnitt 2, bezeichnet als $S_{1,2}$, erfolgt ein Vergleich zwischen Istzeit und verfahrensmäßig vorgegebener Sollfahrzeit. Dies ermöglicht gegebenenfalls eine Korrektur des vorgesehenen im dargestellten Beispiel wegabhängigen Abschaltpunktes für den Teilabschnitt 2, um die für die Zugfahrt von Bahnhof A nach Bahnhof B festgelegte Sollfahrzeit einzuhalten.



Figur 1

RECEIVED
JAN 15 2003
OIPE/JCWS